

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-266213

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl.⁵G 0 6 F 15/72
3/153

識別記号

4 5 0 A 9192-5L
3 2 0 M 9188-5B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全 16 頁)

(21)出願番号 特願平4-349074

(22)出願日 平成4年(1992)12月28日

(31)優先権主張番号 特願平3-347468

(32)優先日 平3(1991)12月27日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 加藤 伸子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内

(72)発明者 岡崎 彰夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会
社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

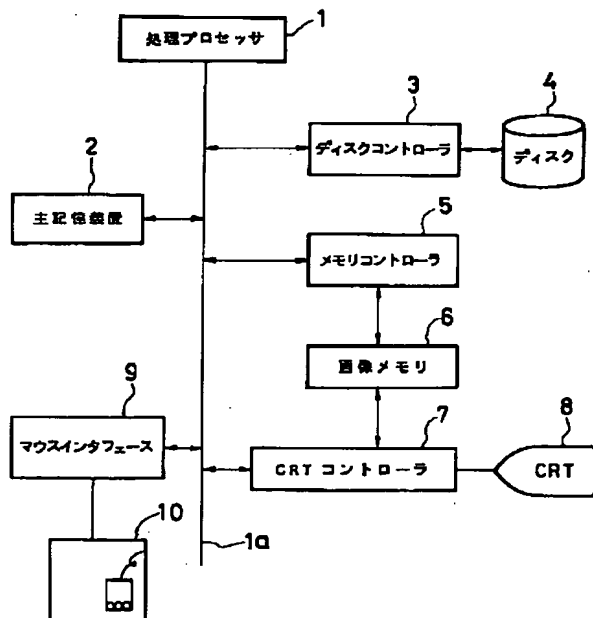
(54)【発明の名称】 3次元空間データの高速表示方式

(57)【要約】

【目的】 本発明は生成画像の劣化を最小限にして、広域に渡る大量の空間データの任意指定部分を高速に表示する方式を提供することを目的とする。

【構成】 本発明は、複雑な3次元形状をもつオブジェクトを指定されたいくつかのレベルの精度で近似する階層簡略化と空間データ管理の工夫により、視点を与えられた際、動的に必要な最小限のデータを選択するようにしたものである。

【効果】 本発明によれば、視点を与えられた際、表示に必要な区分領域とその簡略モデルの動的選択を行うことで、生成3次元画像の劣化を防ぎ、描画すべき画数を効果的に減少させることができるため高速な表示が行える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元空間データ中で任意に指定された視野範囲の3次元シーンを高速で画面上に表示する3次元空間データの高速表示方式において、
前記3次元空間データ中に存在する遮閉面を抽出し、該3次元空間データ中に存在する3次元物体を前記遮閉面にて分割された領域毎に管理する第1の管理手段と、
前記3次元空間データを階層的に分割し、3次元物体を分割された領域毎に管理する第2の管理手段と、
前記3次元物体データを詳細度毎に階層化して管理する第3の管理手段とを有し、任意の視野範囲が指定された際に、
視点と前記遮閉面との位置関係から、前記第1の管理手段を基に表示すべき空間領域を限定する手段と、
視点位置から前記空間領域の階層を選択し、前記第2の管理手段を基に視野範囲に含まれる領域を抽出する手段と、
前記抽出された領域内部の3次元物体の詳細度を視点からの距離に応じて決定し、前記第3の管理手段に基づいて表示する手段と、
を有することを特徴とする3次元空間データの高速表示方式。

【請求項2】 前記第3の管理手段は3次元形状を指定された精度で近似することにより、原データからより荒い近似のデータへと階層化する請求項1記載の3次元空間データの高速表示方式。

【請求項3】 表示すべき物体の視点からの距離がある閾値以上である場合にそれらを表示せず、あらかじめ固定パターンを用意しておき、該固定パターンを表示データとする手段を設けた請求項1記載の3次元空間データの高速表示方式。

【請求項4】 3次元空間データ中で任意に指定された視野範囲の3次元シーンを高速で画面上に表示する3次元空間データの高速表示方式において、
前記3次元空間データ中に存在する各オブジェクトの原モデルを1又は複数の近似精度で簡略化する手段と、簡略化して得られるオブジェクトに対する複数モデルの保有可能数を基に簡略化レベル数を決定する手段と、前記各簡略化レベルに対し簡略化の程度を決定する手段と、
該決定結果に基づいて1又は複数の簡略化モデルを前記各オブジェクト毎に求める手段と、原モデル及び簡略化モデルを所定の区分領域毎に分割して管理する手段と、
3次元空間中で視点が与えられた際表示すべき分割領域を選択し、かつ選択された分割領域においてどのレベルの簡略化モデルを用いるかを決定する手段と、前記決定結果に基づいて3次元空間データを表示する手段と、
を有することを特徴とする3次元空間データの高速表示方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は広域に渡る大量の3次元空間データを高速かつ効果的に表示する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、CGにおいてはハードウェアの発展と共に高速な表示が可能となってきた。しかし、リアルタイムに表示できる量には限界があり、この問題を解決するため従来より、以下に示す4通りの方法が提案されている。

【0003】 まず、表示負荷量を減らすものとして、

(1) ワイヤフレーム表示

また、表示するデータ量を制限するものとして、

(2) 表示面のソーティング

(3) 領域管理 (昭昇堂・画像データベース・坂内正夫、大沢裕著)

(4) 遮閉面を用いてデータを管理

(Visibility Preprocessing for Interactive Walkthrough, Seth J. Teller, Carlo H. Sequin, Univ. of California at Berkeley, Computer Graphics, Volume 25, Number 4, July 1991)

20 がある。

【0004】 このうち、(1)の手法では複雑な3次元物体の場合や、物体が密集している場合には、わかりにくいという欠点を持つ。

【0005】 (2)の手法では面が多い場合にソートすべき面量が膨大で、ソーティング処理に時間を要し、高速表示ができない。

【0006】 (3)の手法は個々の形状が複雑である場合には、充分な高速化が図れず、不十分である。

【0007】 (4)の手法は、空間を2次的に領域分割する手法を用いており、遮閉面で仕切られた領域ごとに空間を管理し、ある領域からの可視領域をあらかじめ計算する。そして、視線が決まると、可視領域内のポリゴンのみを描画する。しかし、この方法では、屋内においては部屋ごとに分割するなど効果的であるが、屋外や通常の3次元空間ではあまり有効でないという欠点を持つ。

【0008】 更に、特公平1-20527号公報のコンピュータグラフィックス表示装置では、視点からの距離が遠いオブジェクトは表面画像上で占める大きさが一般的に小さくなるので、このようなオブジェクトに対し形状の簡略化されたモデルを用いることでオブジェクトのサーフェスを構成するポリゴン (三角形又は四角形のパッチ) の表示総数を減らす方法が提案されている。ところが、この方法においては以下に示す如くの欠点があった。

【0009】 (i) オブジェクトが大量に存在する場合、原モデルを用いるか簡略モデルを用いるかの決定のため、すべてのオブジェクトに対し視点からの距離を計算しなければならず、個数が増加するに従って表示時間も増加した。

【0010】(ii)形状の複雑な3次元オブジェクトに対し、所望の簡略化を自動的に行うことができなかった。

【0011】(iii)連続視点移動の際、表示速度が一定となるように制御することができなかった。即ち、モデル選択の動的制御ができなかった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来においては、大量のデータを高速に表示することと、ある程度の見栄えを保つことは相反することであり、両立することが困難であった。

【0013】更に、従来においては形状の複雑な大量の3次元オブジェクトに対し効率よく効果的な形状簡略化による3次元表示を行うことができないという欠点があった。

【0014】この発明はこのような従来の課題を解決するためになされたもので、その第1の目的は、見栄えを保ちながら大量の空間データを高速に表示する3次元空間画像高速表示方式を提供することである。

【0015】また、第2の目的は、生成画像の劣化をできるだけ抑えながら全体の表示データ量を最適にして大量の空間データを高速に表示する3次元空間画像高速表示方式を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願請求項1～3の発明は、空間データの管理方法を工夫し、視点を与えられた際、動的に必要最小限度のデータを選択するようにしたものである。空間データの管理は次のように行なう。

【0017】(1)一つの3次元物体に対し、複数の詳細度を持つ空間データを作成する。視点からの距離に応じて、適当な詳細度のデータを選択し表示する。判定に用いる視点からの距離計算においては、厳密に視点と各物体との距離を計算してもよいが、その物体を含む局所領域との距離で近似することも可能である。

【0018】(2)空間をその構築物の分布によって、1又は2又は3次的に領域分割して管理する。視点の位置により、選択する領域の階層を選び、視野範囲に応じて可視領域を選択する。具体的には、遠方まで見通せる場所に視点がある場合には、荒いサイズの領域で選択を行ない、近傍のみが目に入る場合には、細かいサイズで領域選択を行なう。

【0019】(3)大きな遮閉面がある場合は、この遮閉面で空間を区切り、3次元データをこの空間にわけて管理する。視点が指定された場合、遮閉面によって遮られる空間をあらかじめ描画対象外とする。

【0020】(4)視点からある閾値以上の遠方に関しては、正確に形状表示を行なったとしても、表示画面上における人間の判別においては、無意味であるので、あらかじめ作成した固定パターンを表示する。

【0021】一方、本願請求項4の発明では、3次元オ

ブジェクトの形状の表現方法及び全体データの管理方法を工夫し、視点を与えられた際、動的に必要最小限度のデータを選択するようにしている。基本的な考え方は次の通りである。

【0022】まず、与えられた原データを最も詳細なデータとし近くのオブジェクトはより詳細に、遠くのは原データを距離に応じて階層的に簡略化することによりより粗に表示する。

【0023】階層簡略化のパラメータとしては、(i)距離の区分数(簡略化のレベル数に等しい)、(ii)距離区分における境界値、(iii)形状の簡略化の程度を制御する値、がある。

【0024】一般的に(i)は表示対象であるデータ集合の大きさと保有のためのメモリ容量によって、(ii)は(i)の値と表示データ集合のオブジェクトの大きさに関する統計的性質及びデータが占める3次元空間の大きさによって、さらに(iii)は、(ii)の値とオブジェクトが表示画面に表示される際の表示分解能によって定まる大きさに基づいて決定され、簡略化はオブジェクトの3次元形状を指定された精度で近似することにより自動的になされる。

【0025】具体的な手順は、(i)階層簡略化データの作成と領域分割管理、(ii)視点を与えられた際の領域分割管理を利用した動的データ選択、(iii)必要データの表示、の3つから構成される。

【0026】

【作用】上述の如く構成された本願請求項1～3の発明によれば、視点からの距離に応じてデータの詳細度を変化させることで、見栄えをそこなわずに、描画すべき面数を効果的に減少させることができるため、高速な3次元画像の表示が行なえる。

【0027】また、視野範囲が決定されると、階層化された分割領域管理により、必要な空間データを効率よく取り出すことができるため、視点の位置に対応した最適な画像が高速に表示される。

【0028】更に、遮閉面を用いて空間を管理することにより、不可視であることが明らかである3次元物体を描画する負荷をなくすることができる。

【0029】また、本願請求項4の発明によれば、生成画像の劣化の程度と表示速度の速さとのトレードオフの関係において最適な3次元画像の表示が行える。また、複雑な形状の3次元オブジェクトに対し、効果的な簡略化が可能となる。

【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は本発明における3次元空間データの高速表示方式が適用されるシステムの概略構成を示すものである。図において、1は処理プロセッサで、この処理プロセッサ1は、システムバス1aを通してシステム全体の制御を行なうものである。この場合、システムバス1a

には、主記憶装置2、ディスクコントローラ3、メモリーコントローラ5、CRTコントローラ7、マウスインタフェース9を接続している。

【0031】主記憶装置2は、ディスクコントローラ3を介してディスク4より読み出される所望の3次元空間データをロードするものである。そして、この状態から、処理プロセッサ1によるアクセスにより、あらかじめ定められた手順に従って、与えられた視点からの3次元シーンの表示処理が実行されるようになっている。

【0032】メモリーコントローラ5は、3次元シーン表示処理の結果を画像メモリ6に描画するためのものである。そして、この画像メモリ6の内容は、処理プロセッサ1の命令によりCRTコントローラ7を介してCRT8に表示するようにしている。

【0033】マウスインタフェース9は、3次元シーン表示処理に際してマウス10の操作による検索表示すべき3次元空間データの指示、3次元シーン表示における視点の指示などの入力データを処理プロセッサ1に与えるようにしている。

【0034】次に、都市に関する3次元情報をデータベース化した都市データベースに基づいた都市景観表示を例にとり、3次元空間データの高速表示処理を説明する。

【0035】図2、図3は処理プロセッサ1で実行される処理の手順フローを示している。ステップ1は、画面に表示されたインデックスの中から、〇〇区をマウスで指定し、都市データベース中の表示すべき空間データをディスクからメモリへとロードする。今、都市データベースには、建物データ、土地利用データ、地下配管データといった3次元物体データが含まれている。また、各建物に対して、建物の階数、用途、重心座標、などを記述した属性データ、建物を構成する点の座標データ、面を構成する座標IDリスト、各面の法線ベクトルデータ、建物のIDが与えられた時それらを参照するための参照テーブルが与えられている。

【0036】各土地に対しては、その土地の用途などを示す属性データ、土地を構成する点の座標データが与えられている。地下配管データに関しては、管の太さ、種類を示す属性データ、各管の始点と終点の座標値が与えられている。

【0037】次いで、ステップ2では、遮閉面に対して空間を分割し管理する。ここでは、明らかな遮閉面として、地面を用いる。今、地面がほぼ水平な領域であるので、遮閉面は $Z=0$ の平面である。そこで、 $Z<0$ である空間と、 $Z\geq 0$ の空間にデータを分割して管理する。 $Z<0$ の空間に含まれるものは、地下配管データと、 $Z\geq 0$ の空間に含まれる建物、土地利用データは各々別に管理される。

【0038】ステップ3は、都市は2次元的な広がりを持つため、2次元的にXY平面上でメッシュ分割を行な

い建物、土地利用、地下配管のデータを各々管理する。メッシュ分割は階層構造をなしており、まず全体を $a\times b$ で分割し、各々のメッシュの $c\times c$ への分割を n 回繰り返す。この際、メッシュの階層数、データの詳細度は任意に設定できるが、説明を簡単にするため、ここでは各々3段階とする。

【0039】例えば、 $5\text{ km}\times 10\text{ km}$ の都市があった場合には、全体を 5×10 のメッシュ分割し、その各メッシュを 2×2 分割し、更に、その各メッシュを 2×2 分割する。この結果、実際のデータは最も細かい $250\text{ m}\times 250\text{ m}$ のメッシュで管理される。

【0040】そして、図4に示すように、各メッシュのIDは下2桁を最下層のメッシュの番号とし、次の2桁を第2層目のメッシュ番号、上位4桁を最上位メッシュの番号を示す8桁で表す。最上位のメッシュを参照する時は、IDの下4桁を0として指定する。例えば、図4中のメッシュ02020000が指定された場合には、IDの上位4桁が0202である最下層メッシュが全て対象となる。

【0041】ステップ4では、図5に示すように建物データに対し、建物の詳細度による階層化を行なう。ここで、大半の建物の形状は、多角柱で構成されているため、多角柱近似の方法を上げる。 n 角柱の建物があった時、3段階に近似する事とし、詳細度3はオリジナルデータであり、最も詳細なデータである。

【0042】図6に詳細度2、1のデータを求める処理の流れを示す。多角柱の頂面が n 角形であった時、各頂点を順番に P_0 から P_{n-1} とする。また、底面の各頂点を P_{n+1} から P_{2n} とする。但し P_n と P_0 、 P_{2n} と P_{n+1} は同一点である。そして、点 P_0 を詳細度2の多角形の点として登録する。また、ある点 P_i ($1\leq i\leq n-1$)、 P_j ($j=i+1$)について、側面 P_i 、 P_j 、 P_{i+n+1} 、 P_{j+n+1} の面積が閾値 α 以上だったならば、点 P_j を登録する。そうでなければ、 P_j をインクリメントして、同様の判定を行なう。そして、これを繰り返す。登録された点が全体で m 点あった場合は、この m 角形を断面とするような m 角柱として、面リスト、法線ベクトルデータを新たに構築する。また、 $m\leq 1$ であった場合は、この建物は現段階の詳細度においては、不可視であるとする。

【0043】図5において元の物体は、16角柱であるので、 $n=16$ として、頂面を P_0 から P_{15} 、底面を P_{17} から P_{33} とする。 P_0 を詳細度2の多角形リストに登録する。側面 P_0 、 P_1 、 P_{17} 、 P_{18} の面積を計算した結果、これが閾値 α より小であったため、これは登録せずに、 j をインクリメントして判定を繰り返す。 P_0 、 P_5 、 P_{17} 、 P_{22} の面積は α より大であったため、 P_5 をリストに登録する。このようにして、詳細度2のデータが作成された。

【0044】また、詳細度2での面積の閾値 α は次のようにして求める。参照点を面の中心とし、面の法線ベク

トル方向に面から距離 L_2 に視点を設定して、面を表示画面上に投影した際に、その面が画面上で1ピクセル以上を形成する最小の面積を α とする。同様にして距離 L_1 に視点を設定し、詳細度1のデータを作成する。但し、距離 L_1 、 L_2 は任意に設定されるものであり、ここでは $L_2=250\text{m}$ 、 $L_1=500\text{m}$ とする。このようにして、主記憶上のデータ構築が完了する。この時の各メッシュごとのデータ構造を図7に示す。

【0045】そして、図2に示すステップ5では、視点、参照点、視野角から視野範囲を決定する。表示画面上に表示された地図と高度表示計をマウスクリックすることで、視点(v_x, v_y, v_z)、参照点(r_x, r_y, r_z)を指定する。視野角はデフォルト値が与えられている。視野範囲は例えば4角錐を形成するが、視野範囲内外の判定のために、(v_x, v_y)を中心とし、半径を L_0 、視点と参照点とを通る直線が中心線であり、中心角 θ であるようなXY平面上の扇型を視野範囲とする(図8)。

【0046】ステップ6では、遮閉面と視点との位置関係を求め、空間領域を選択する。 $v_z < 0$ であった場合は、地下配管データに対して以下の処理を行なう。ここでは、図9に示すように、 $v_z > 0$ であり、建物データと土地利用データを含む空間領域が選択されたものとして説明を続ける。

【0047】ステップ7では、メッシュの階層と視野範囲に含まれるメッシュを選択する。まず、図10に示すように、視点の高度(v_z)により、メッシュの階層を選択する。例えば、 v_z により次のように選択基準を設定する。

【0048】(1) v_z が500m以上では、最上位のメッシュを用いる。

【0049】(2) v_z が10m~500mでは第2層のメッシュを用いる。

【0050】(3) v_z が10m以下では最もサイズが細かい最下層のメッシュを用いる。そして、指定されたメッシュの階層において、視野範囲に含まれるメッシュを選択を行なう。まず、視点が含まれるメッシュを特定し、そして、視線方向を量子化する。次に視線方向を8方向に量子化し(図11)、この方向に沿って、視野範囲に含まれるメッシュを選択する。最下層のメッシュに対しての例を図12に示す。特に v_z が5m以下の場合には、可視メッシュのうち、ごく近傍のメッシュのみを選択する。図12の例では近傍の4メッシュのみを選択する。これは、建物が密集しているため、視点が低い所では、視点のごく近傍の建物しか目に入らないためである。

【0051】ステップ8では、選択された領域内部の建物の詳細度を決定する。基本的には、図13に示すように距離によって建物の詳細度を変化させるが、ここでは、視点と建物との距離を、視点と建物を含むメッシュ

の中心との距離で置き換えるて考える。そして、視点と選択されたメッシュの中心との距離を計算する。その結果、視点からの距離が L_2 以内を詳細度3、 $L_2 \sim L_1$ を詳細度2、 $L_1 \sim L_0$ を詳細度1と設定する。但し、 $L_2=250\text{m}$ 、 $L_1=500\text{m}$ 、 $L_0=1\text{km}$ とする。図12に示すようにある視点が決まった時、メッシュごとに詳細度が決定する。

【0052】ステップ9では、選択されたメッシュ内の建物に対して、各々の詳細度に従って描画を行なう。

【0053】ステップ10では、充分遠方で、各々の建物が識別し難いような場合には、あらかじめ作成した、領域の中心から遠方を見た場合の遠景を、視線方向に応じて背景として用いる。この遠景は一例を図14に示す。

【0054】ステップ5~10は新しい視点、参照点が指定される度に繰り返される。また、ステップ6において、 $v_z < 0$ であった場合には地下配管データのみが表示される。地下配管データも詳細度により、階層化することが可能である。地下配管データは半径 r 、長さ L の円柱であるので、表示に際しては、多角柱で示されるため、例えば、詳細度3の時は12角柱、詳細度2の時は6角柱、詳細度1では3角柱で近似する。

【0055】なお、本説明は上記実施例に限定されず、要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施できる。

【0056】例えば、建物の内部データを持つ場合には、遮閉面として建物の壁面を用いてもよい。内部データを持つ建物の平面図形を遮閉領域として、この内部データを別に管理する。平面図形のX、Y方向の最小値、最大値を危険領域として各々登録し、視点がこの危険領域に入っているかを v_x, v_y について比較することで検査する。もし、危険領域に入っていたら、遮閉領域に含まれるかを検査する。遮閉領域に含まれていたら、建物の内部にいるものと判断し、内部データのみを描画する。また、窓の外の風景の指定がある場合は、窓枠に含まれるデータのみを表示する。この処理を行なうことで、建物の内部を高速に描画することができる。これらに含まれない時は、内部データは描画対象としない。

【0057】また、例えば、地面を遮閉面としている場合に、特に指定があった場合は、地面を半透明にして建物と地下配管データを重ね合わせて表示することもできる。この処理により、使用者の要求に応じた柔軟な表示を行なうことができる。

【0058】建物の詳細度の異なる階層化の手法としては、他にも幾つかの方法が考えられる。多角柱を近似する手法として、その断面である多角形を近似する方法を以下に2つ述べる。

【0059】多角柱の断面をある多角形で近似する場合には、2分割法を用いることもできる。図15に示すように、元の多角形の周辺上の一点P1から周辺上の最も遠い点P2に線を引く。この直線から、他の周辺上の点へ

の距離が最も大きいP3、P4を求め、これらの距離がdより大きい場合には、この点を採用する。これを2分割された各領域に対し、繰り返し行なう。この2分割法において、dの値を様々に設定することで、異なる近似のデータを得ることができる。dの値が大きいほど、近似が荒いデータとなる。

【0060】また、多角形近似の他の方法として、直線近似の誤差を利用する方法があげられる。多角形を構成する各点の一部に対し、最小自乗法により、直線近似を行ない、この時の誤差がある値ε以下であれば、その部分は直線とする。このεの値を変化させ、異なる階層の近似データを得ることもできる。この場合も、εが大き

い程、荒い近似となり、詳細度は小さくなる。

【0061】指定された階層で、階層メッシュ管理されたデータ、近似された詳細度の異なるデータは、ディスクに保存し、再利用することも可能である。この場合、初期ロード時の負荷が軽くなる。

【0062】屋内のウォークスルーなどを考えた場合は、遮閉物がかなり有効に使える。パーティションなどで仕切られた場合は、パーティションを用いて、空間を3

次元的に分割し、視点の位置から3次元的に可視領域を判定する。

【0063】プラントの内部など複雑な3次元データを持つ場合は、空間を3次元格子に分割して管理する。視野範囲は4角錐とし、この範囲に含まれる格子内部のデータを描く。各構造物データを詳細度において階層化することは、都市の場合と同様である。

【0064】本実施例では3次元物体の形状に対してのみ詳細度による階層化を行なったが、表面の材質に対しても詳細度による階層化を行なうことができる。例えば、詳細度3ではテクスチャマッピングを行ない、詳細度2では簡単なパターンを使用し、詳細度1では代表色のみを用いる。

【0065】次に、本発明の他の実施例について説明する。なお、ハードウェア構成は図1と同一である。

【0066】図16乃至図18は、本実施例にて処理プロセッサ1で実行される処理手順を示すフローチャートである。図16において、ステップ31は都市データベースより指定された地域の3次元空間データを読み込む処理である。ここでは300m四方の地図メッシュ毎に分割された建物平面形状図形とその高さである数値を2次記憶（ディスク）より読み込むものとする。

【0067】ステップ32は、階層簡略化の処理であり、その出力はnレベルの簡略化モデルである。ここでこの処理は図17に詳細に示されている。即ち、まずステップ41にて簡略化レベル数nを決定する。

【0068】簡略化レベル数nはデータベースより読み込まれた全データ量をD、システムが表示データ保有のために利用可能なメモリ量をMとすると $[M/D]$

($[A]$ はAを越えない最大整数)で概算される。例え

ば $[M/D]$ の値が5の場合は簡略化レベル数 $n=5$ となり、レベル0からレベル4までの5通りの簡略化モデルが得られる。なお、この簡略化レベル数nの求め方は一つの目安であり、例えば上記の例で5通りもの簡略化レベルが必要ないと判断された場合には経験的にこれを変更するようにする。

【0069】そして、簡略化レベル数が決定すると、図17のステップ42にて簡略化レベルと視点からの距離値との関係が決定される。簡略化レベル数nが求まるとすると、レベル0、レベル1、…、レベル $n-1$ に対応する各距離の値は以下のように決定される。

【0070】まず、データベースから読み込まれた各建物データに対し、外接直方体を求め、その外接直方体の辺の長さの平均 H_w を計算する。これは、底面の辺の長さの平均で代表させても良い。また、対話的に指定することもできる。そして、表示最大距離（これ以上のオブジェクトは表示しない）に対応する視点からの距離値 d_n

は長さ $H_w + \alpha$ の辺が表示画面上でk（通常は1）画素になる値とする。例えば、 $P \cdot (H_w + \alpha) / 2k \sin(\theta/2)$ で概算することが出来る。ここでPは水平表示画素総数、 θ は水平視野角である。また、 d_n は直接指示しても良い（例えば、与えられたデータ集合が占める水平面上の最大距離）。また、レベル1からレベル $n-1$ までの視点からの各距離値は、距離値 d_n をn等分した値に基づいて決定する。n等分の変わりに、予め定められた割合に区分することも出来る。

【0071】次いで、ステップ43では簡略化レベルと簡略化の程度との関係が決定される。簡略化は、指定された精度で形状を近似することによってなされる。従って、簡略化の程度は近似における許容誤差の最大値（簡略化パラメータ）により制御できる。ここで、レベル1からレベル $n-1$ の簡略化パラメータ値は前記したように距離値 d_1 から d_{n-1} を用いて決定する。即ち、レベルiの簡略化パラメータ値は、視点からの距離 d_i において表示画面上でk（通常は1）画素になる辺の長さとする。

【0072】これは、前述の $(H_w + \alpha)$ を用いて、 $\{(H_w + \alpha)/n\} \cdot i$ で概算される。また、これらの値を対話により指定しても良い。

【0073】ステップ44では、簡略化モデルの作成が行われる。これは、上記の簡略化パラメータの値を用いて行われる。図15は2分割法による多角形近似の説明図であり、例えばP1～P7からなる七角形は、角度が 180° に近い点を直線に置き換えることによって簡略化が行われる。つまり、原データ（レベル0）は同図(a)に示すように七角形であり、簡略化レベル1は同図(b)に示す如く五角形、簡略化レベル2は同図(c)に示す如く四角形となる。

【0074】これを図5に示すオブジェクトを用いて説明すると、同図(a)に示す如く多角柱は簡略化レベル

1にて細かい突起部がなくなって同図(b)に示す如く断面がコの字形となり、簡略化レベル2では同図(c)に示すように単なる直方体となる。なお、多角形近似は2分割法に限られるものではない。

【0075】こうして、図16に示すステップ32の階層簡略化が行われる。

【0076】そして、ステップ33は、簡略化モデルを含めたデータ領域分割管理のための処理であり、ステップ31の地図メッシュサイズを細かく分割する。ここでは3分の1の100m四方のメッシュに領域分割する。

【0077】次いで、ステップ34では視点と参照点情報の読み込みを行う。これは、図8に示す視点と参照点の情報の読み込みであり、マウスクリックにより指定される。また、視野角 θ は予め規定されており、ここでは処理簡単化のために、図11に示す如く方向を8方向に定めて量子化を行っている。

【0078】そして、ステップ35では視野範囲に含まれるデータの簡略化表示が行われる。ここでの処理を図18に示すフローチャートを用いて詳しく説明する。

【0079】まず、ステップ51にて視野範囲に含まれる分割領域が計算され、ステップ52にて簡略化モデルの選択が行われる。図13は視野範囲に含まれる分割領域の計算と簡略モデルの選択方法を示している。図示のように、視点から前述の距離値 d_1 までの領域は簡略化レベル0、距離値 d_2 までの領域は簡略化レベル1、そして、距離値 d_3 までの領域は簡略化レベル2と決められる。

【0080】また、簡略化領域の抽出は各領域の代表点(ここでは重心点)と視点との計算のみによって行うことで簡単化できる。ここでは図11で示したように方向が8方向に量子化されているので、8通りのパターンを記憶させておくことで更に領域の抽出を高速化できる。

【0081】更に、表示速度が一定となるような動的な表示制御を行う際には、図12に示すように適応的に、距離のしきい値を変えず、その距離区分の簡略レベルの割当てを変えれば良い。即ち、表示速度をある値に指定したとして、視点を移動させた際、表示データの変動により指定値より遅くなることがある(表示データ量が増えた場合)。この場合には次の移動はレベル0をレベル1、レベル1をレベル2、そして、レベル2を省略するように自動的に制御することで簡略化の程度を全体的に強め、表示データ量を抑える。また速くなって来た場合はこの逆である。

【0082】こうして、視野範囲の表示が行われるのである。その後、図16のステップ36にて、表示の終了指令が与えられるまで、ステップ34、35を繰り返す。なお、図16に記憶されているステップ33'、35'は対話的な連続表示(ウォークスルー等)において自然さを増すためになされる処理である。ここで「自然さ」とは表示画面の移り変わりの滑らかさを意味する。

このときに、前述の表示速度が一定となる制御がなされる。

【0083】また、以上では都市データベースにおける室外景観の例について述べたが、室内景観に対しても適用することができる。室内では机や椅子等、建物に比べてオブジェクトの形状が複雑である。以下では一般的な形状をもつオブジェクトに対する簡略化パラメータを指定された際の簡略化方法について説明する。

【0084】図19はスライス法による簡略化処理を示すフローチャートであり、図20はこの処理を示す説明図である。いま、図20に示すように、簡略化するオブジェクト65があった場合に、指定された間隔で水平スライスを行うオブジェクト表面との各交差図形を求める(図19、ステップ61)。そして、ステップ62では指定された精度で各交差図形に対して2分割法による多角形近似を行う。つまり、図20において曲線に囲まれたスライス面を多角形で近似し、複数の直線で囲まれたスライス面とする。

【0085】次いで、ステップ63では、上下に隣り合う多角形の水平面座標が近い頂点同士を互いに交差することがないように直線でつないでいくことで表面パッチを行う。これによって、曲線に覆われたオブジェクト65を複数の平面で近似することができ、更に、スライス間隔の大きさ、多角形近似の際の点の数を変更することによって近似の精度を任意に変えることができる。なお、スライス方向は水平に限られないし、多角形近似も2分割法に限られない。

【0086】ここについては、例えば文献:Fuchs H., et al "Optimal surface reconstruction from planar contours" commun. Assoc. Comput Mach Vol. 20, NO. 10 pp 693-702(1977)に示された方法を用いることができる。

【0087】また、図21はボクセル法による簡略化処理のフローチャート、図22、図23はその説明図である。まず、ステップ71では3次元空間に指定された間隔で3次元の格子を発生させる。そして、オブジェクトの表面を3次元格子で量子化することによりオブジェクトを3次元2値画像に変換する(ステップ72)。その後、ステップ73では3次元2値画像に対して表面パッチを行う。その結果、例えば図23A~Cの如くオブジェクトが簡略化される。なお、ここでの処理には文献(Computer Graphics, Vol. 21, No. 4, July, 1987)に示された方法を用いることができる。また、図22のB1に示す如く、オブジェクト画面が単位立方体内に含まれるときはボクセル値1、それ以外を0とする。

【0088】図24はクラスタ化法による簡略化処理を示すフローチャートであり、図25、図26はその説明図である。まず、ステップ81では階層表現されたオブジェクトについてトップダウンサーチにより、そのノードのオブジェクトが指定された大きさ(しきい値)以上か否かを判定する。

【0089】その結果、しきい値以上でその子ノードのオブジェクトが全てしきい値よりも小さい場合には、その外接直方体を自分のノードオブジェクトの形状とする（ステップ82） また、全てでなく、ある一定の割合以上がしきい値より小さい場合としても良い。

【0090】そして、ステップ83では、しきい値以上の部分オブジェクトのみからなるオブジェクト全体を簡略化モデルとする。クラスタの代表形状は外接直方体に限らず、多角柱、円柱、球、凸多面体等で近似しても良い。

【0091】こうして、上記3つの方法により室内景観の簡略化モデルを作成することができるのである。このようにして、本実施例では、3次元空間データ中に存在する各オブジェクトに対し、近似精度を変えて複数の簡略化モデルを作成し、視点からの距離に応じた近似精度の簡略化モデルを表示している。また、視点が移動する際にはこの移動速度に応じて各オブジェクトの簡略化モデルを決定している。このため、生成される3次元画像の劣化を防ぎ、描画すべき画数を効果的に減少させることができるようになり高速な3次元画像表示が行えるようになる。

【0092】また、視点からの距離に応じ簡略化モデルを選択するのではなく、ユーザの指定（モード選択）により、視野範囲均一なモデル選択を行なってもよい。また、オブジェクト毎にユーザの指定により簡略化モデルを固定にしてもよい。更に、表示画面の中心付近と周辺といった具合に、視点距離ではなく表示画面の区分毎に簡略化モデルを割り当てても良い。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、視野範囲が決定されると、階層化された分割領域管理により、必要な空間データを効率よく取り出すことができ、かつ視点からの距離に応じて、データの詳細度を变化させることにより、見栄えを保ったまま、描画の負荷を軽減させることができる。その結果、広域に渡る大量データの任意指定部分を高速に表示することができる。

【0094】また、視野範囲が決定されるとデータの階層簡略化と領域分割管理の組み合わせにより、必要な空間データを効率よく取り出すことができ、かつ視点からの距離に応じて、データの簡略度を変化させることにより、生成画像の劣化を最小限にして描画の負荷を軽減させることができる。その結果、広域に渡る大量データの任意指定部分を高速に表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法が適用されるシステムの一実施例の

構成を示すブロック図である。

【図2】本実施例の動作を示すフローチャートの第1の分図である。

【図3】本実施例の動作を示すフローチャートの第2の分図である。

【図4】階層メッシュの構築を示す説明図である。

【図5】3次元物体の詳細度による階層化を示す説明図である。

【図6】多角柱の近似化方法の手順を示すフローチャートである。

【図7】3次元物体データの構造を示す説明図である。

【図8】判定に用いる視野範囲を示す説明図である。

【図9】遮閉面が存在する場合の領域選択図である。

【図10】視点の位置によるメッシュ階層選択図である。

【図11】視線量子化図である。

【図12】視野範囲内のメッシュ選択図である。

【図13】視点からの距離に応じたデータの階層選択図である。

【図14】固定パターンの例を示す説明図である。

【図15】2分割法を用いた階層的多角形近似図である。

【図16】本発明の他の実施例に係る動作を示すフローチャートである。

【図17】簡略化モデルの作成手順を示すフローチャートである。

【図18】3次元表示の手順を示すフローチャートである。

【図19】水平スライス法による簡略化処理の手順を示すフローチャートである。

【図20】水平スライス法の説明図である。

【図21】ボクセル法による簡略化処理の手順を示すフローチャートである。

【図22】ボクセル法の説明図である。

【図23】ボクセル法の説明図である。

【図24】クラスタ化法による簡略化処理の手順を示すフローチャートである。

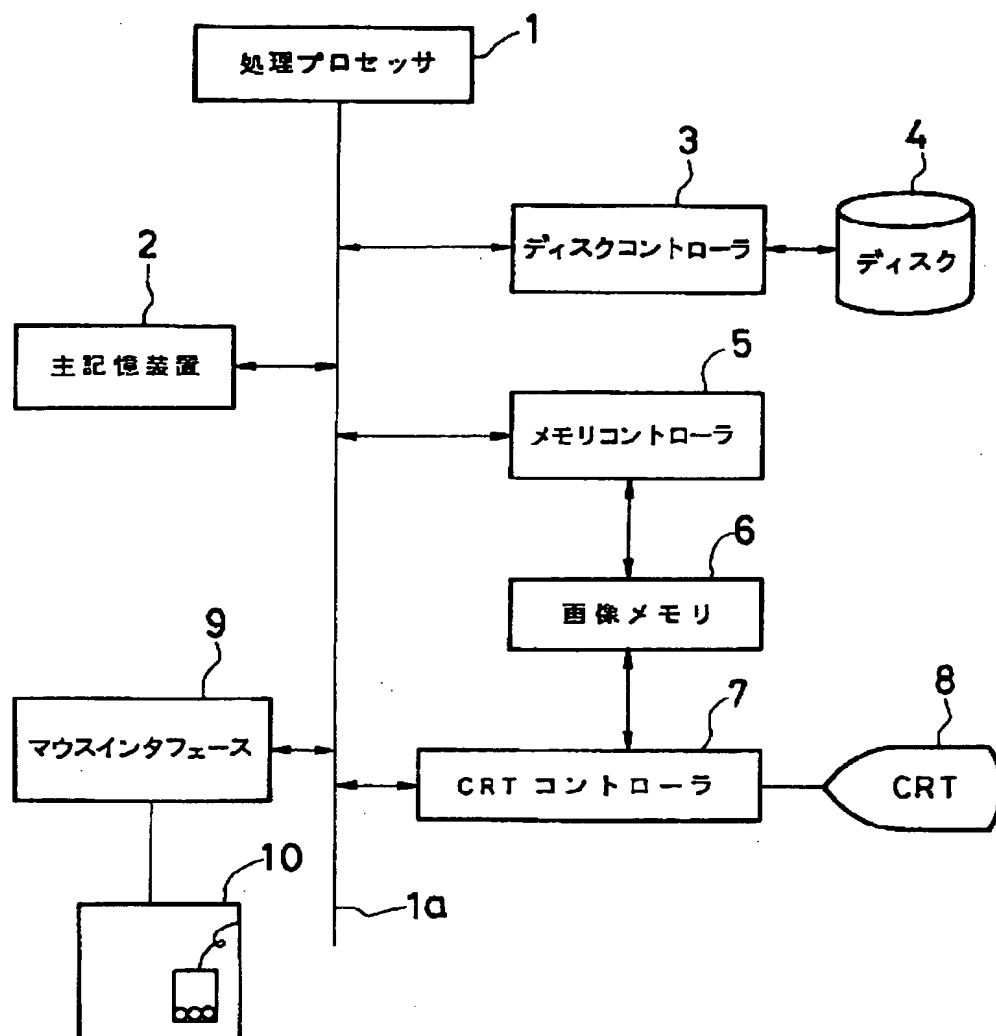
【図25】クラスタ化法の説明図である。

【図26】クラスタ化法の説明図である。

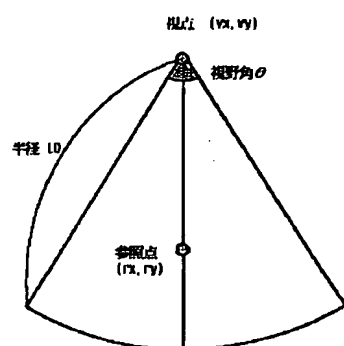
【符号の説明】

1 処理プロセッサ 2 主記憶装置 3 ディスクコントローラ 4 ディスク 5 メモリコントローラ 6 画像メモリ 7 CRTコントローラ 8 CRT 9 マウスインタフェース 10 マウス

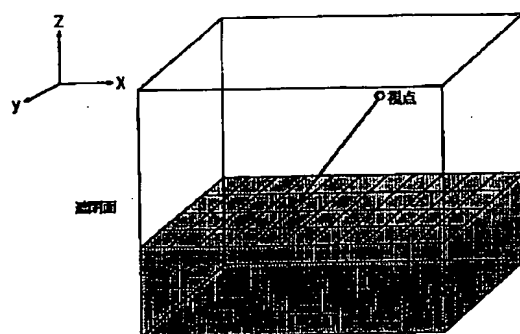
【図 1】



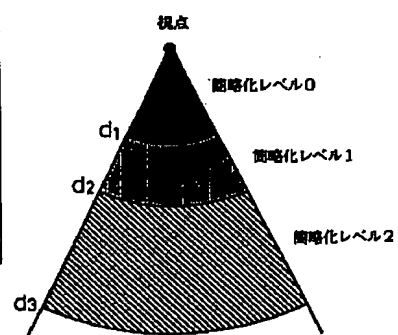
【図 8】



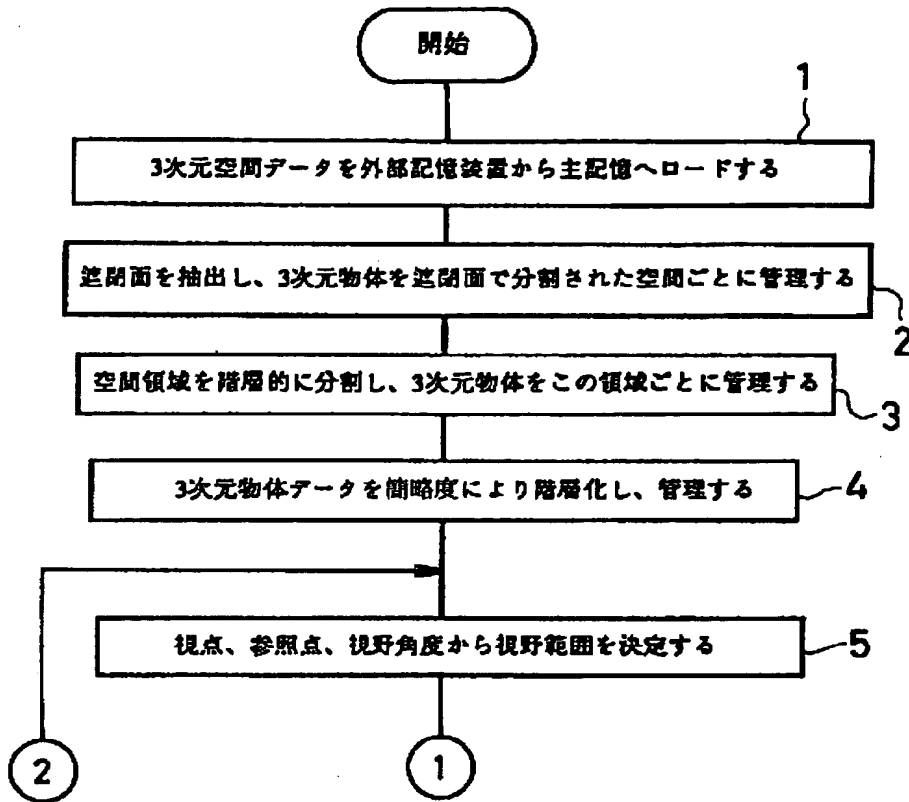
【図 9】



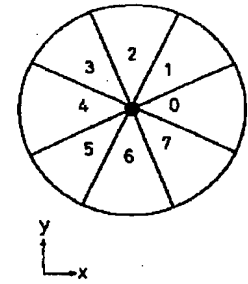
【図 13】



【図2】

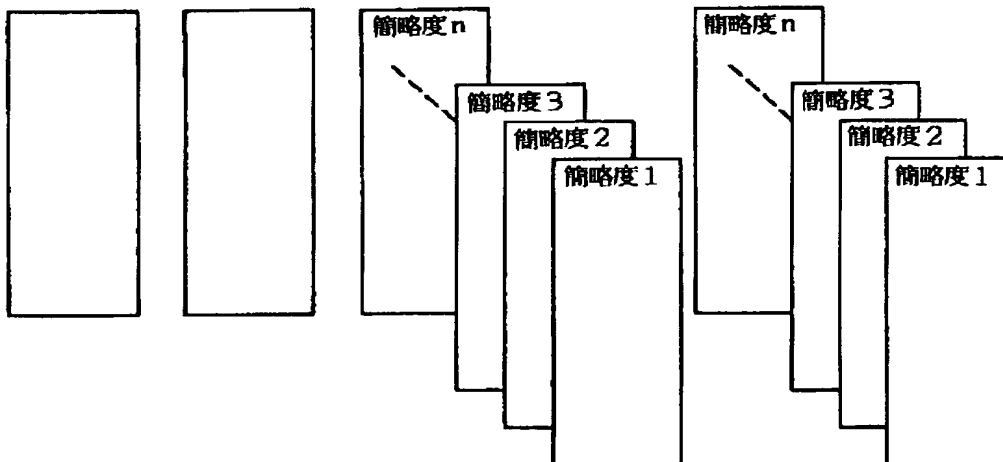


【図11】

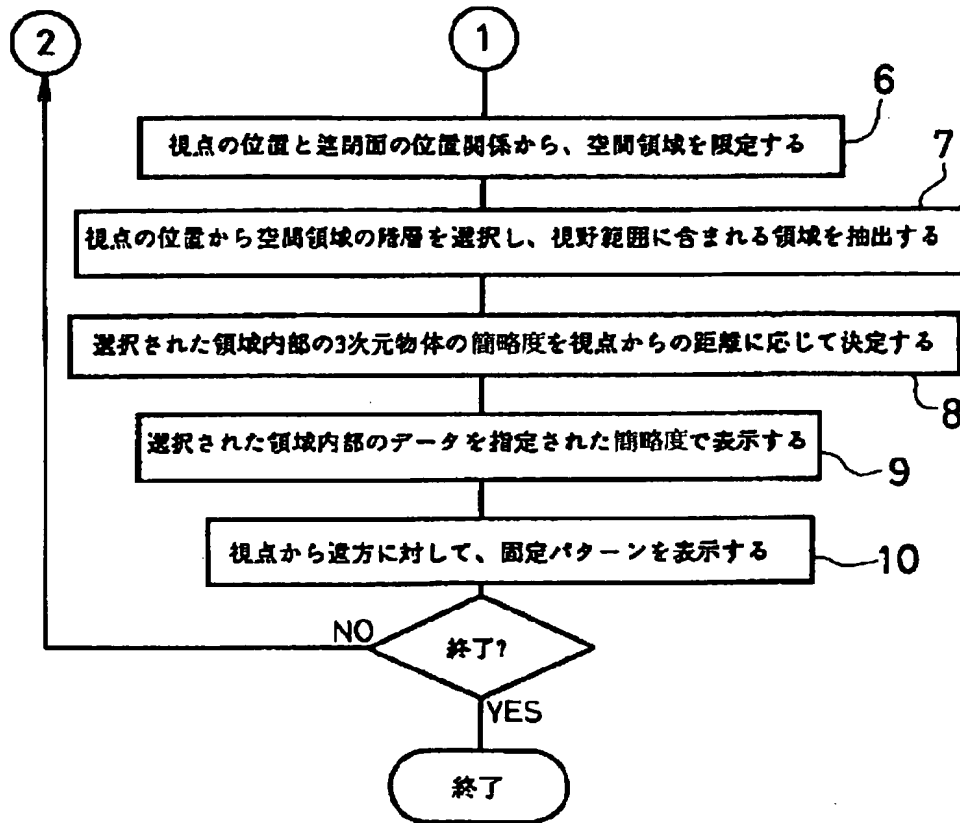


【図7】

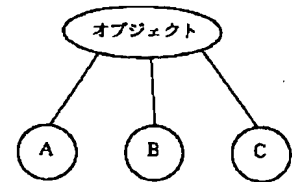
属性データ 座標データ 面リスト 法線ベクトルデータ



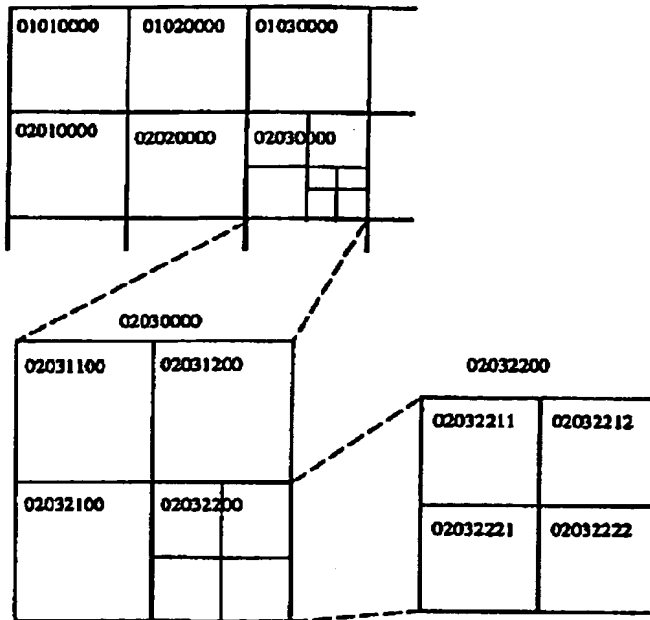
【図3】



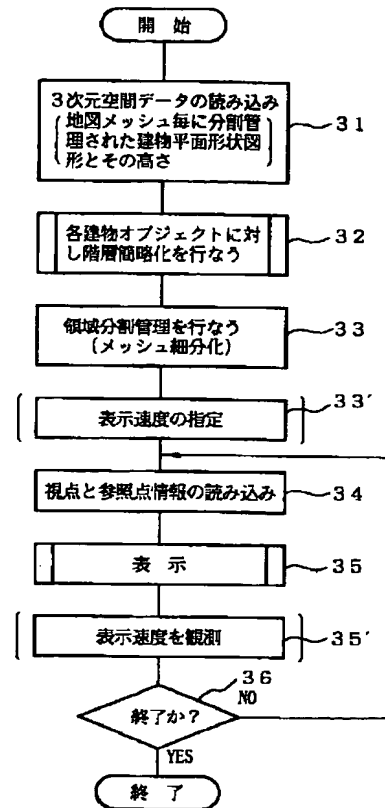
【図25】



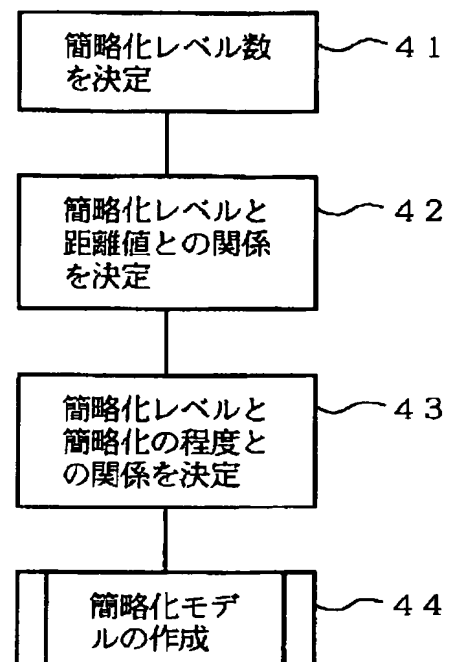
【図4】



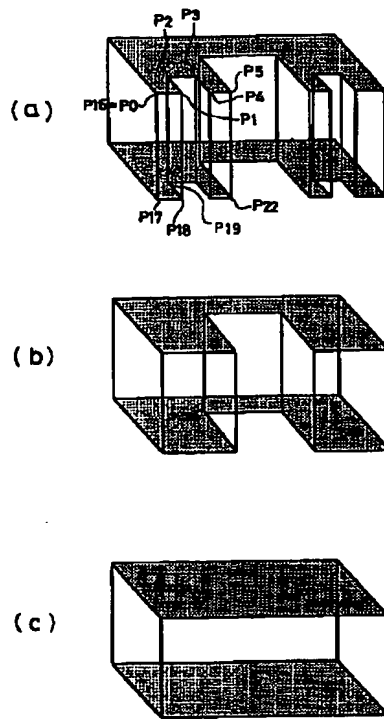
【図16】



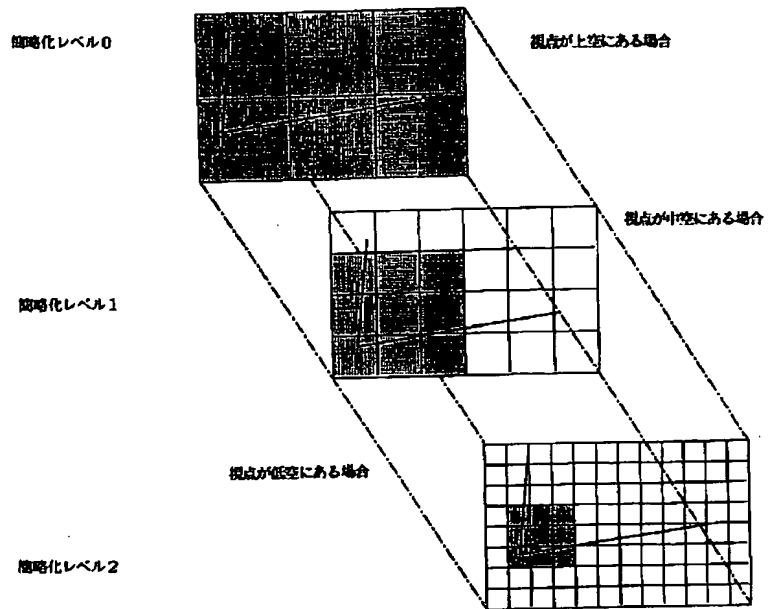
【図17】



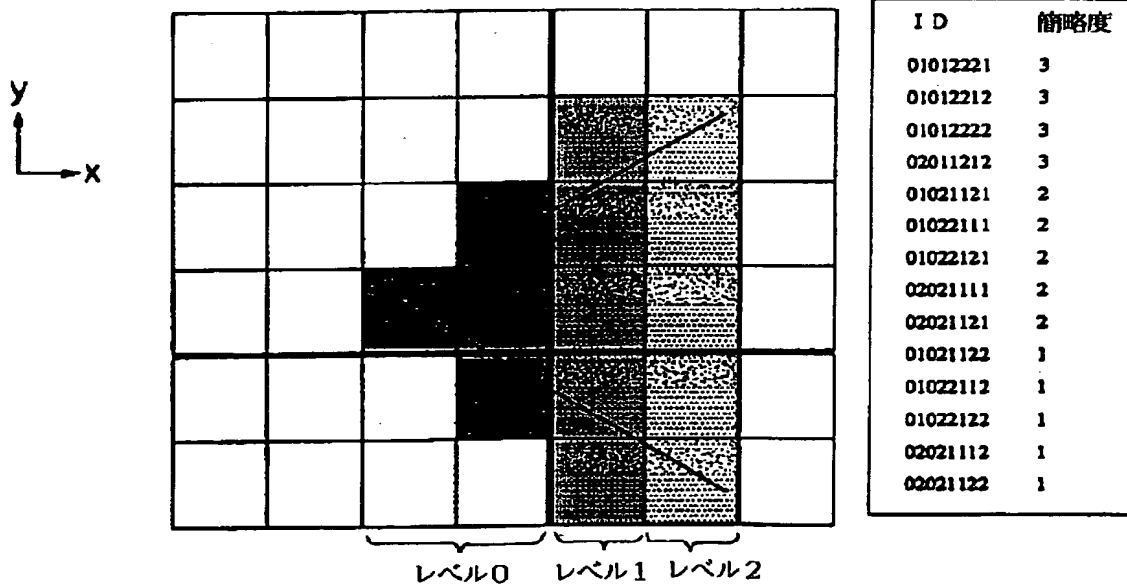
【図5】



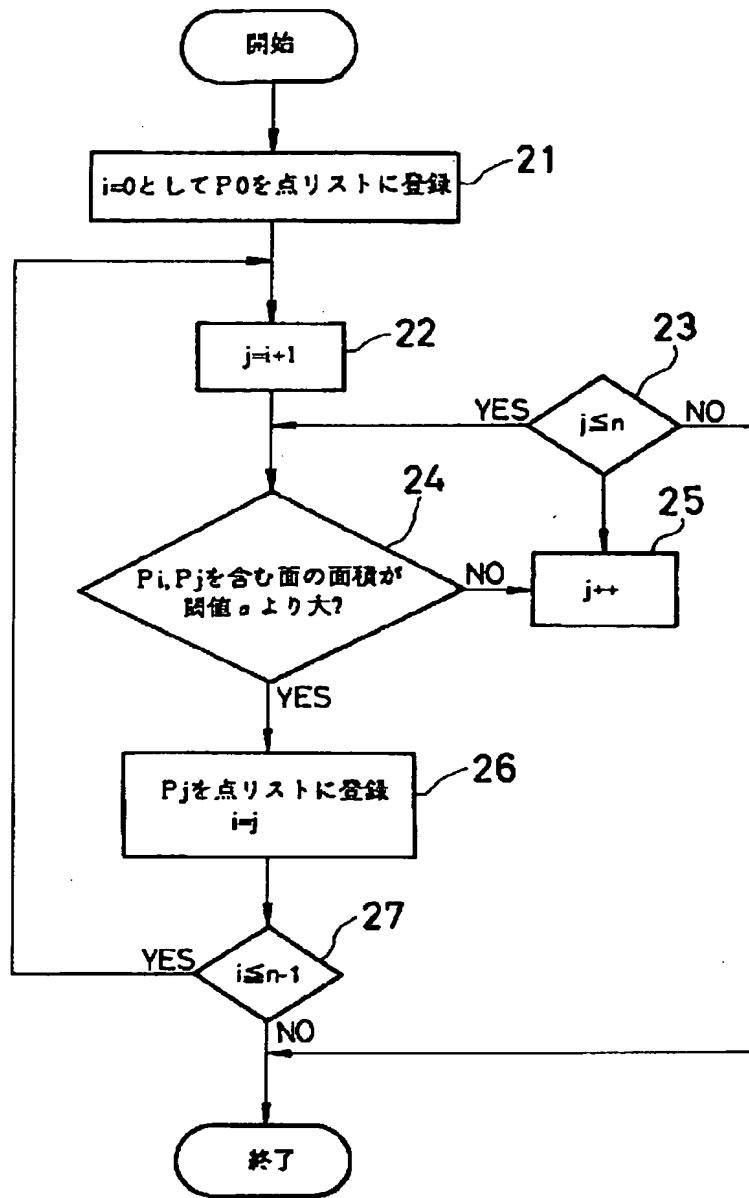
【図10】



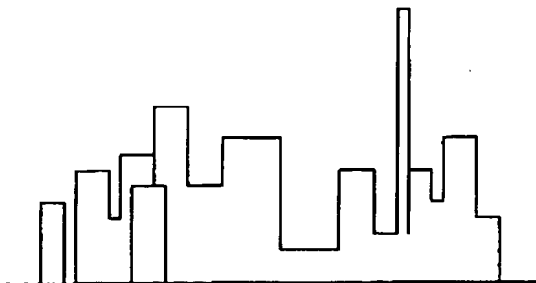
【図12】



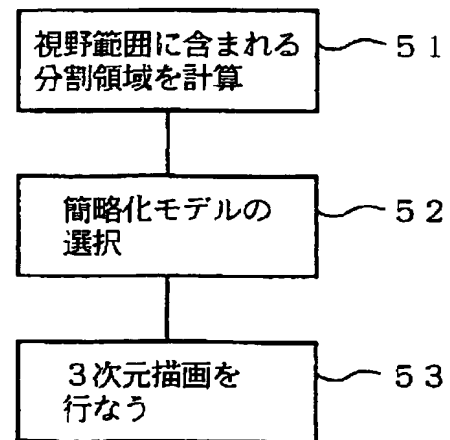
【図6】



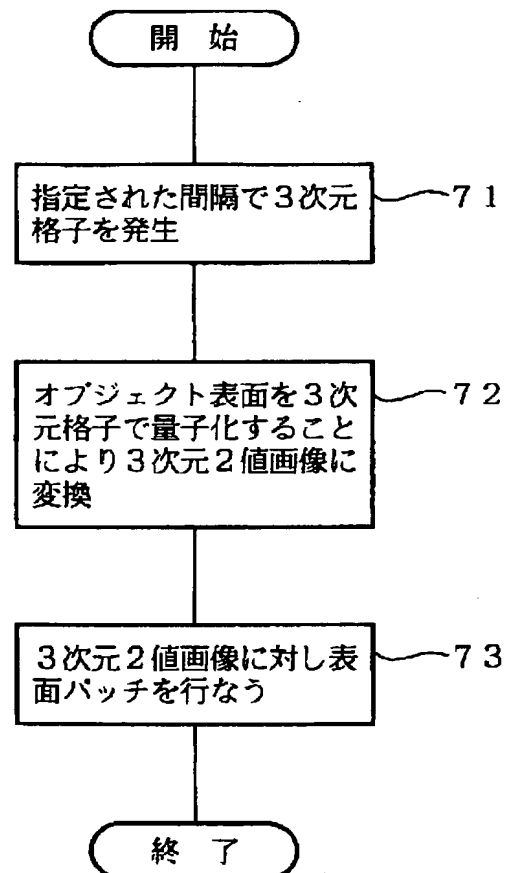
【図14】



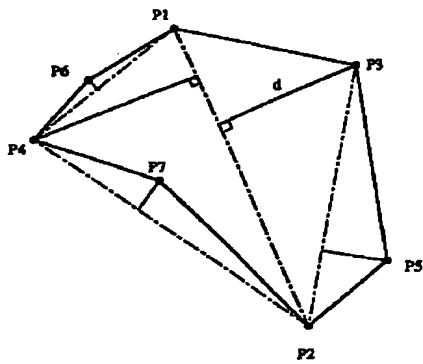
【図18】



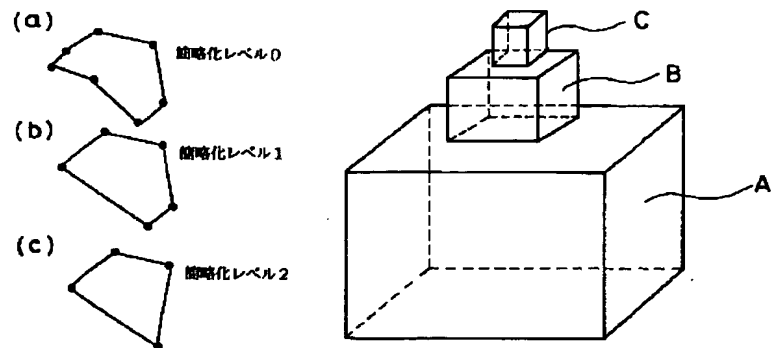
【図21】



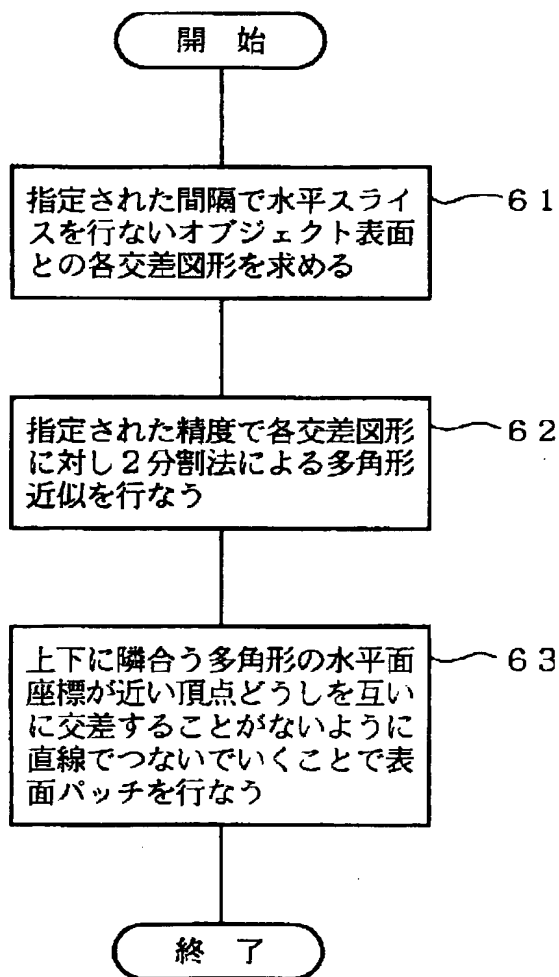
【図15】



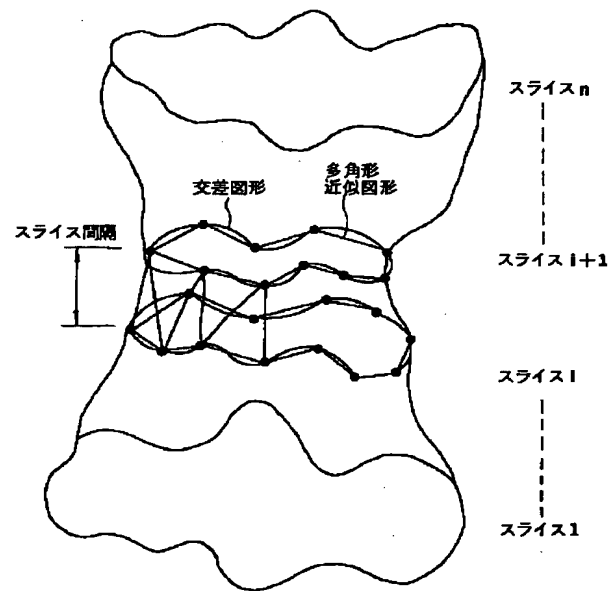
【図23】



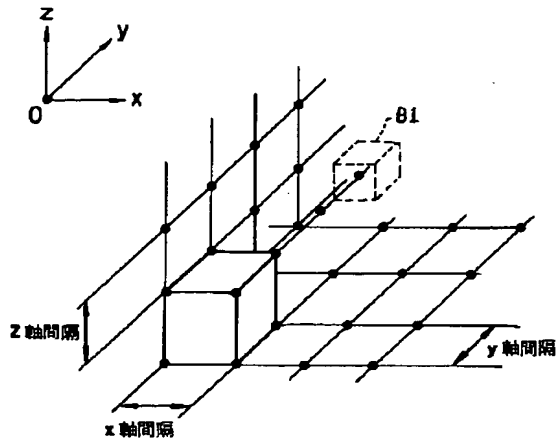
【図19】



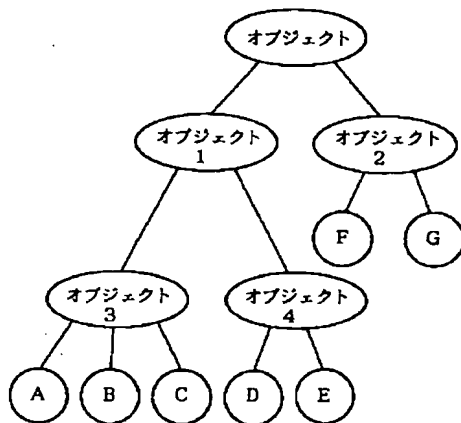
【図20】



【図22】



【図26】



【図24】

